



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 08 124.0

**Anmeldetag:** 26. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Hegenscheidt-MFD GmbH & Co KG,  
41812 Erkelenz/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Festwalzen von Übergängen zwischen den Lagerzapfen und Wangen von Kurbelwellen

**IPC:** B 23 P und B 24 B

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 9. Januar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

## **Verfahren zum Festwalzen von Übergängen zwischen den Lagerzapfen und Wangen von Kurbelwellen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Festwalzen von Radien oder Einstichen am Übergang zwischen den Lagerzapfen und der angrenzenden Wange einer Lagerstelle einer Kurbelwelle mit Hilfe von Festwalzrollen, die unter Drehung der Kurbelwelle mit einer Festwalzkraft bis zu einer vorgegebenen Einwalztiefe in den Radius oder den Einstich des Übergangs gedrückt werden.

Festwalzwerkzeuge zum Festwalzen von Einstichen an den Lagerzapfen von Kurbelwellen sind beispielsweise bekannt geworden aus der US 6,393,885 B1. Mit Hilfe des bekannten Festwalzens werden Druckeigenspannungen im Metall der Einstiche der Kurbelwelle erzeugt, welche sich beispielsweise bis zu einer Tiefe von 4 mm erstrecken können. Die tatsächliche Größe der Abrundungsradien von Festwalzrollen sollte bekanntermaßen in der Weise festgelegt werden, dass sie innerhalb der Fertigungstoleranzen für die Einstiche an der Kurbelwellen liegen. Gute Ergebnisse werden erzielt, wenn der Abrundungsradius der Festwalzrolle sich ungefähr an den Radius des Einschnitts anschmiegt. Die Festwalzkraft, die von den Festwalzrollen ausgeübt wird, kann während des Umlaufs der Kurbelwelle erhöht oder verringert werden um Muster von konzentrierten Druckeigenspannungen im Metall der Einstiche hervorzurufen, welche zu den am

meisten beanspruchten Bereichen einer Kurbelwelle während des Betriebes gehören. Sowohl die Höhe der Festwalzkraft als auch die Anzahl der Überrollungen der Einstiche kann bekanntermaßen in einer Weise vorbestimmt werden, um eine optimale Dauerfestigkeit zu erreichen. Außerdem ist es von Vorteil, die tatsächliche Breite der Lagerzapfen von Kurbelwellen zu vergrößern. Um aber eine derartige Vergrößerung der effektiven Breite von Lagerzapfen zu erreichen, werden Festwalzrollen mit kleineren und zusammengesetzten Abrundungsradien vorgesehen, um die Einstiche festzuwalzen, welche ihrerseits ebenfalls mit geringeren Radien ausgeführt sind. Die aus der US-Patentschrift bekannte Lehre gipfelt schließlich darin, dass die Festwalzkraft von der Stützrolle zerlegt und auf seitliche Schulterflächen der Festwalzrollen übertragen wird. Die Komponenten der Festwalzkraft werden sodann durch die Festwalzrollen wieder zusammen gesetzt und von ihnen auf die Einstiche übertragen, wodurch die Einstiche der Lagerzapfen festgewalzt und verdichtet werden. Durch das Zerlegen der Festwalzkraft mit Hilfe der Stützrolle wird der Verschleiß der Festwalzrollen im Vergleich zu dem bis dahin bekannten Stande der Technik verringert.

Im Vergleich mit dem Stande der Technik wurde festgestellt, dass beim Festwalzen der Übergänge Druckeigenspannungen in den Radien oder Einstichen der Kurbelwellen entstehen, die ein Maximum unterhalb der festgewalzten Oberfläche in 0,6 bis 1,2 mm Tiefe haben. Bei der Betriebsbelastung der Kurbelwelle durch Umlaufbiegung tritt im Übergang die größte Spannung auf. Die Biegespannungen des Betriebs überlagern sich mit den Druckeigenspannungen des Festwalzens und die Fließgrenze

wird überschritten. Die Druckeigenspannung baut sich ab. Auf der Oberfläche des festgewalzten Übergangs zeigen sich Anrisse, die sich bis in jene Tiefen erstrecken, wo die höchsten Druckeigenspannungen unterhalb der Oberfläche eingebracht wurden.

Daraus ergibt sich die Aufgabe für die Erfindung, die Dauerfestigkeit von Kurbelwellen durch das Festwalzen in der Weise zu erhöhen, dass durch den Betrieb der Kurbelwelle keine Anrisse auf der festgewalzten Oberfläche der Übergänge mehr auftreten.

Erfindungsgemäß wurde die Aufgabe dadurch gelöst, dass man den Übergang

- zunächst mit einer ersten Festwalzrolle, deren Radius zum Radius des Übergangs oder des Einstichs ein Schmiegungsverhältnis zwischen 1 und 0,85 hat und mit einer ersten Festwalzkraft festwalzt, die im Übergang eine maximale Druckeigenspannung in einer Tiefe zwischen 1 und 2 mm unterhalb der festgewalzten Oberfläche hervorruft und
- sodann mit einer zweiten Festwalzrolle, die einen kleineren Radius als die erste Festwalzrolle hat und mit einer zweiten Festwalzkraft nachwalzt, deren Größe so bemessen ist, dass die zweite Festwalzrolle gegenüber der mit der ersten Festwalzrolle erzielten eine weitergehende plastische Verformung auf der festgewalzten Oberfläche des Übergangs hervorruft.

Durch das zweite Walzen wird das Maximum der Druckeigenspannungen, welche beim einmaligen Überwalzen entstehen, näher an die Oberfläche gebracht. Es entsteht

auf diese Weise ein neues Muster von Druckeigenspannungen, welches höher an der festgewalzten Oberfläche liegt und somit das Entstehen von Anrissen bereits an Ort und Stelle verhindert.

Das Nachwalzen der Oberflächen kann beispielsweise mit einem zweiten Festwalzwerkzeug in einer zweiten Festwalzoperation erfolgen. Durch geeignete Konstruktionen können aber auch Festwalzwerkzeuge geschaffen werden, welche Festwalzrollen mit unterschiedlichen Abrundungsradien in sich vereinen und nacheinander in Eingriff treten.

Vorteilhaft ist es, wenn die mit der ersten Festwalzrolle erzielte Einwalztiefe ungefähr 0,2 mm und die mit der zweiten Festwalzrolle darüber hinaus erzielte Einwalztiefe ungefähr 0,05 mm beträgt; in der Summe also eine gesamte Einwalztiefe von 0,25 mm erreicht wird.

Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben.

Die Figur zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Übergang an der Lagerstelle einer Kurbelwelle.

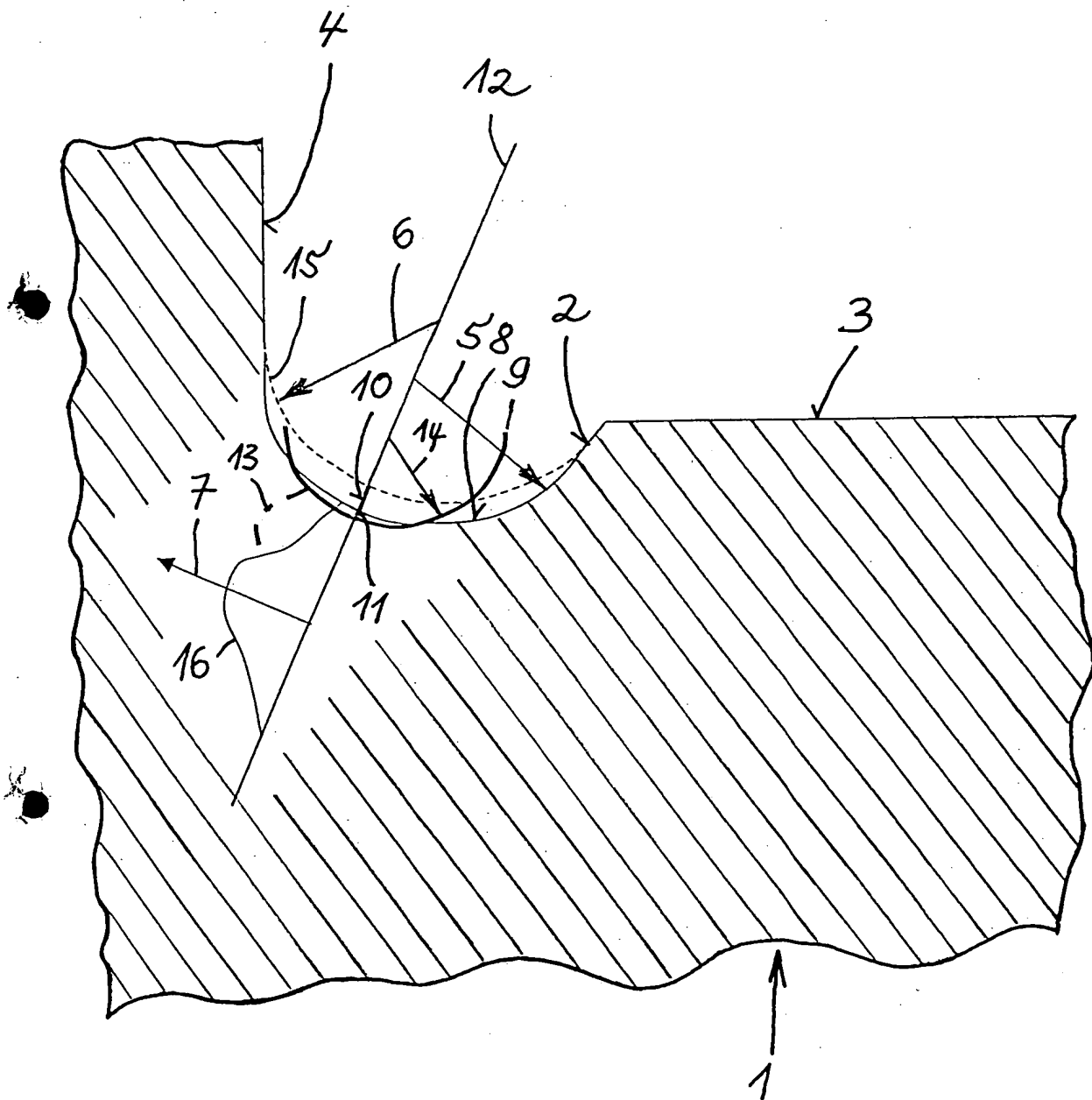
Die Kurbelwelle 1 hat einen Lagerzapfen 3 und eine Wange 4, welche über einen Einstich 2 ineinander übergehen. Der Einstich 2 hat den Radius 6. Vor dem Festwalzen hat der Einstich 2 die durch die unterbrochene Linie 15 dargestellte Kontur.

Nach dem Festwalzen mit einer ersten Festwalzrolle (nicht gezeigt), welche den Radius 5 hat, entsteht die durch die Linie 8 dargestellte Oberfläche. Die Normale 12 zu der Oberfläche 8 erreicht beispielsweise eine erste Einwalztiefe 10. Der Einwalztiefe 10 entspricht eine Druckeigenspannung 16 innerhalb des Werkstoffs der Kurbelwelle 1, welche ihr Maximum 7 tief unterhalb der festgewalzten Oberfläche 8 hat, wie man das in der Figur erkennen kann.

Erfindungsgemäß wird die festgewalzte Oberfläche 8 mit einer zweiten Festwalzrolle (nicht gezeigt) nachgewalzt, welche einen Radius 14 hat. Dadurch entsteht im Einschnitt 2 eine weitergehende plastische Verformung, welche durch die Linie 9 angedeutet wird. Unterhalb der ersten Einwalztiefe 10 wird in Richtung der Normalen 12 noch eine zusätzliche Einwalztiefe 11 erreicht. Während die erste Einwalztiefe 10 ungefähr 0,2 mm beträgt, beträgt die zusätzliche Einwalztiefe 11 ungefähr 0,05 mm. Zugleich wird dabei im Material der Kurbelwelle am Übergang 2 eine oberflächennahe Druckeigenspannung 13 induziert, welche verhindert, dass beim Betrieb der Kurbelwelle 1 in Richtung der Normalen 12 Anrisse auf der Oberfläche 9 entstehen können. Auf diese Weise kann die Dauerfestigkeit der Kurbelwelle 1 wirksam erhöht werden.

## Bezugszeichenliste

- 1 Kurbelwelle
- 2 Einstich
- 3 Lagerzapfen
- 4 Wange
- 5 Einwalztiefe
- 6 Radius des Einstichs
- 7 Maximum der Druckeigenspannung
- 8 festgewalzte Oberfläche
- 9 weitergehende plastische Verformung
- 10 erste Einwalztiefe
- 11 zweite Einwalztiefe
- 12 Normale
- 13 oberflächennahe Druckeigenspannung
- 14 kleinerer Radius
- 15 Kontur
- 16 Druckeigenspannung



Figur



## P A T E N T A N S P R Ü C H E

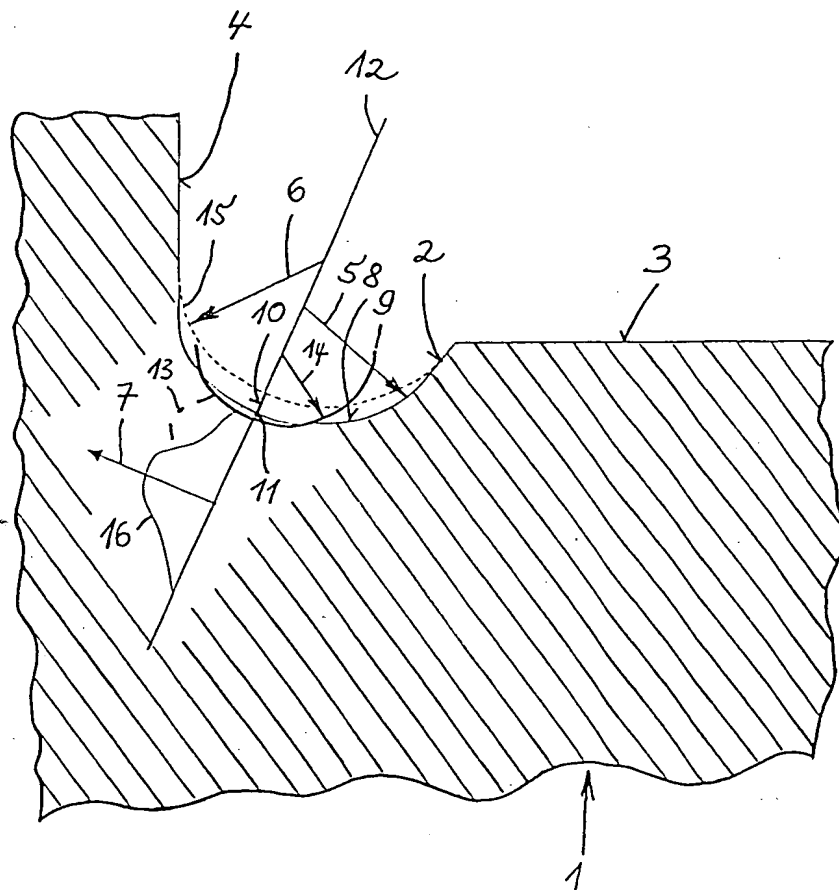
1. Verfahren zum Festwalzen von Radien oder Einstichen am Übergang zwischen dem Lagerzapfen und der angrenzenden Wange einer Lagerstelle einer Kurbelwelle mit Hilfe von Festwalzrollen, die unter Drehung der Kurbelwelle mit einer Festwalzkraft bis zu einer vorgegebenen Einwalztiefe in den Radius oder den Einstich des Übergangs gedrückt werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man den Übergang
  - zunächst mit einer ersten Festwalzrolle, deren Radius zum Radius des Übergangs oder des Einstichs ein Schmiegungsverhältnis zwischen 1 und 0,85 hat und mit einer ersten Festwalzkraft festwalzt, die im Übergang eine maximale Druckeigenspannung in einer Tiefe zwischen 1 und 2 mm unterhalb der festgewalzten Oberfläche hervorruft und
  - sodann mit einer zweiten Festwalzrolle, die einen kleineren Radius hat als die erste Festwalzrolle und mit einer zweiten Festwalzkraft nachwalzt, deren Größe so bemessen ist, dass die zweite Festwalzrolle gegenüber der mit der ersten Festwalzrolle erzielten eine weitergehende plastische Verformung auf der festgewalzten Oberfläche des Übergangs hervorruft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die mit der ersten  
Festwalzrolle zu erzielende Einwalztiefe ungefähr 0,2  
mm und die mit der zweiten Festwalzrolle darüber  
hinaus zu erzielende Einwalztiefe ungefähr 0,05 mm  
beträgt.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Festwalzen von Radien oder Einstichen (2) am Übergang zwischen dem Lagerzapfen (3) und der angrenzenden Wange (4) einer Lagerstelle einer Kurbelwelle (1) mit Hilfe von Festwalzrollen. Die Festwalzrollen werden unter Drehung der Kurbelwelle (1) mit einer Festwalzkraft bis zu einer vorgegebenen Einwalztiefe (10) in den Radius oder den Einstich (2) des Übergangs gedrückt. Der Übergang wird zunächst mit einer ersten Festwalzrolle, deren Radius (6) zum Radius des Übergangs oder des Einstichs (2) ein Schmiegungsverhältnis zwischen 1 und 0,85 mm hat und mit einer ersten Festwalzkraft festgewalzt wird, die im Übergang eine maximale Druckeigenspannung (7) in einer Tiefe zwischen 1 und 2 mm unterhalb der festgewalzten Oberfläche (8) hervorruft und sodann mit einer zweiten Festwalzrolle, die einen kleineren Radius (14) hat als die erste Festwalzrolle (5), deren Größe so bemessen ist, dass die zweite Festwalzrolle gegenüber der mit der ersten Festwalzrolle erzielten eine weitergehende plastische Verformung (11) auf der festgewalzten Oberfläche (8) des Übergangs hervorruft.

Für die Zusammenfassung ist die Figur bestimmt.



Figur